

Japanese Patent Laid-Open No. 2002-76551 (published on March 15, 2002)

Japanese Patent Laid-Open No. 2002-76551 discloses a metal/ceramic circuit board formed by bonding one or more ceramic substrates, one side of each of which has metal conductive materials serving as electronic circuits, to a base plate of aluminum or an aluminum alloy without the need of soldering. A molten material obtained by melting aluminum or an aluminum alloy in vacuum or an inert gas is caused to contact a ceramic substrate in vacuum or an inert gas, and cooled to be held so that the molten material directly contacts the ceramic substrate via no oxide film of the surface of the metal on the interface therebetween. Thus, the ceramic substrates are strongly bonded to the base plate. Then, the metal conductive materials are bonded to the ceramic substrate by means of a brazing filler metal.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-76551

(P2002-76551A)

(43)公開日 平成14年3月15日(2002.3.15)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード*(参考)
H 0 5 K 1/05		H 0 5 K 1/05	B 4 G 0 2 6
C 0 4 B 37/00		C 0 4 B 37/00	C 5 E 3 1 5
			B 5 E 3 2 2
H 0 1 B 13/00	5 0 9	H 0 1 B 13/00	5 0 3 A
H 0 1 L 23/14		H 0 5 K 3/00	R

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-267206(P2000-267206)

(22)出願日 平成12年9月4日(2000.9.4)

(71)出願人 000224798

同和鉱業株式会社

東京都千代田区丸の内1丁目8番2号

(72)発明者 小山内 英世

東京都千代田区丸の内一丁目8番2号 同

和鉱業株式会社内

(72)発明者 風呂 正博

東京都千代田区丸の内一丁目8番2号 同

和鉱業株式会社内

(74)代理人 100002982

弁理士 澤木 誠一 (外1名)

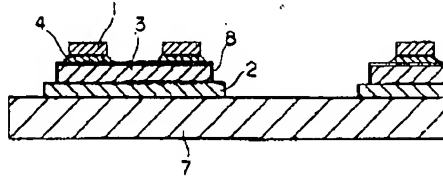
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 金属セラミックス回路基板及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 従来のセラミックス電子回路基板ではセラミックス基板が金属層と半田を介して金属ベース板に固定されているため各材料の熱膨張の差から接合面にクラックが生ずる欠点があった。

【解決手段】 本発明においては、アルミニウムまたはアルミニウム合金からなるベース板上に、片面に電子回路の役割を果たす金属導電体を有するセラミックス基板を一つあるいは複数接合させて金属セラミックス電子回路基板を構成する。アルミニウムまたはアルミニウム合金を真空または不活性ガス中で溶解して溶融体を得た後、該溶融体を真空または不活性ガス中で鋳型内においてセラミックス基板と接触させ、その際該溶融体とセラミックス基板とがそれらの界面に金属表面の酸化膜を介在させずに直接接触するようにして保持冷却することによって強固に接合させ、上記金属導電体とセラミックス基板をろう材を用いて接合する、あるいは、この逆の順序で接合する。上記ベース板は、その耐力が320 (MPa) 以下であり、かつ厚さが1mm以上とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 アルミニウムまたはアルミニウム合金からなるベース板と、一面を上記ベース板に直接接合しているセラミックス基板を有し、上記アルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板の耐力が 320 (MPa) 以下であり、かつ厚さが 1mm 以上であることを特徴とする金属セラミックス回路基板。

【請求項 2】 上記セラミックス基板の他面が電子回路用金属導電体を有することを特徴とする請求項 1 記載の金属セラミックス回路基板。

【請求項 3】 上記セラミックス基板の他面が銅、銅合金、アルミニウムまたはアルミニウム合金のうち少なくとも一種以上から選ばれた電子回路用金属導電体を有することを特徴とする請求項 1 記載の金属セラミックス回路基板。

【請求項 4】 上記セラミックス基板が、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化珪素から選ばれる一種であることを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の金属セラミックス回路基板。

【請求項 5】 アルミニウムまたはアルミニウム合金からなるベース板と、一面を上記ベース板に直接接合しているセラミックス基板と、上記セラミックス基板の他面に設けた半導体チップを有し、上記アルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板の耐力が 320 (MPa) 以下であり、かつ厚さが 1mm 以上であることを特徴とする金属セラミックス回路基板を用いたパワーモジュール。

【請求項 6】 アルミニウムまたはアルミニウム合金を真空または不活性ガス中で溶解して溶融体を得る工程と、該溶融体を真空または不活性ガス中で鋳型においてセラミックス基板の一面と直接接合させる工程と、直接接合されたアルミニウムまたはアルミニウム合金とセラミックス基板とを冷却して上記セラミックス基板の上記一面にアルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板を直接接合する工程を有することを特徴とする金属セラミックス回路基板の製造方法。

【請求項 7】 アルミニウムまたはアルミニウム合金を真空または不活性ガス中で溶解して溶融体を得る工程と、該溶融体を真空または不活性ガス中で鋳型においてセラミックス基板の一面と直接接合させる工程と、直接接合されたアルミニウムまたはアルミニウム合金とセラミックス基板とを冷却して上記セラミックス基板の上記一面にアルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板を直接接合する工程と、電子回路用金属導電体を上記セラミックス基板の他面にろう材を用いて接合する工程を有することを特徴とする金属セラミックス回路基板の製造方法。

【請求項 8】 アルミニウムまたはアルミニウム合金を真空または不活性ガス中で溶解して溶融体を得る工程と、該溶融体を真空または不活性ガス中で鋳型において一面に電子回路用金属導電体をろう材を用いて接合し

たセラミックス基板の他面に直接接合させる工程と、直接接合されたアルミニウムまたはアルミニウム合金とセラミックス基板とを冷却して上記セラミックス基板の上記他面にアルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板を直接接合する工程を有することを特徴とする金属セラミックス回路基板の製造方法。

【請求項 9】 アルミニウムまたはアルミニウム合金を真空または不活性ガス中で溶解して溶融体を得る工程と、該溶融体を真空または不活性ガス中で鋳型においてセラミックス基板の一面に直接接合させる工程と、直接接合されたアルミニウムまたはアルミニウム合金とセラミックス基板とを冷却してセラミックス基板の上記一面にアルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板を直接接合する工程と、上記セラミックス基板の他面に電子回路用金属導電体を接合する工程を有することを特徴とする金属セラミックス回路基板の製造方法。

【請求項 10】 アルミニウムまたはアルミニウム合金を真空または不活性ガス中で溶解して溶融体を得る工程と、該溶融体を真空または不活性ガス中で鋳型において一面に電子回路用金属導電体を接合したセラミックス基板の他面に直接接合させる工程と、直接接合されたアルミニウムまたはアルミニウム合金とセラミックス基板とを冷却して上記セラミックス基板の上記他面にアルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板を直接接合する工程を有することを特徴とする金属セラミックス回路基板の製造方法。

【請求項 11】 上記セラミックス基板が、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化珪素から選ばれる一種であることを特徴とする請求項 6、7、8、9 または 10 記載の金属セラミックス回路基板の製造方法。

【請求項 12】 上記金属導電体が銅、銅合金、アルミニウム、アルミニウム合金のうち少なくとも一種以上から選ばれることを特徴とする請求項 7、8、9、10 または 11 記載の金属セラミックス回路基板の製造方法。

【請求項 13】 アルミニウムまたはアルミニウム合金を真空または不活性ガス中で溶解して溶融体を得る工程と、該溶融体を真空または不活性ガス中で鋳型においてセラミックス基板の一面に直接接合させる工程と、直接接合されたアルミニウムまたはアルミニウム合金とセラミックス基板とを冷却して上記セラミックス基板の上記一面にアルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板を直接接合する工程と、上記セラミックス基板の他面に所望のパターン形状の金属層を形成し、この金属層上に半導体チップを固定する工程を有することを特徴とするパワーモジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、優れた金属セラミックス回路基板及びその製造方法、特に、パワーモジュール等の大電力電子部品の実装に好適な耐ヒートサイク

(3)

特開2002-75551

3

ル性に優れた金属セラミックス回路基板及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、電気自動車、電車、工作機械などの大電流制御に、パワーモジュールが用いられている。パワーモジュールには主に複数の半導体チップが搭載され、その表面および裏面から大電流を取り出すため、半導体チップを固定する基板には高い電氣的絶縁性が求められる。また、大電流を制御するために、突動時の半導体チップは発熱により温度が上昇する。このため、この半導体チップを固定している基材およびその周辺材を含む基板全体には高い放熱性が要求される。

【0003】従来のパワーモジュールの断面構造を図5に示す。従来のパワーモジュールでは、半導体チップ1が絶縁性基材としてのセラミックス基板2上の金属層3に半田4で固定され、更にこのセラミックス基板2が他方の金属層5を介して半田6により金属ベース板7に固定される。なお、8は金属層3と5及び金属ベース板7に形成したメッキ層である。また、図1においては、チップ間等の配線の表示は省略している。

【0004】アルミニウムのセラミックス基板へのろう材接合方法には先行技術として、実開平1-118588号や実開平2-68488号に示されたものがあり、これらは、窒化アルミニウム基板やアルミナ基板にアルミニウムをAl-Si系やAl-Ge系ろう材を用いて接合するものである。これには、さらに先行技術として1976年の米国特許第3994430号のアルミニウム結合助剤としてのシリコン使用がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような従来のパワーモジュールにあっては、セラミックス基板2が金属層5と半田6を介して金属ベース板7に固定されているために、以下に示す問題点がある。

【0006】(1)セラミックス基板2と金属ベース板7間が、セラミックス基板2-金属層5、-メッキ層8-半田6-メッキ層8-金属ベース板7のような複雑な構造になっており、チップ1に通電、通電停止を繰り返した場合、各材料は冷熱を繰り返すことになり、このときの各材料の熱膨張収縮の差から各材料の接合面にクラックが生じる等の問題が生じやすい。

【0007】(2)セラミックス基板2と金属ベース板7間に半田8が存在することにより熱伝導率が下がり、放熱性が低下する。

【0008】(3)近年、電気メーカーが極力、使用量を減らそうとしている鉛半田を使用している場合が多い。

【0009】(4)セラミックス基板2と金属ベース板7間を半田6で接合するため、半田濡れ性改善のためのメッキ等の表面処理や半田付け等の行程が多く必要でコスト高である。

4

【0010】(5)従来用いられている金属ベース板としての銅ベース板はセラミックスに対し熱膨張係数が大きく、冷熱を繰り返したときに銅ベース板との接合面でセラミックスにクラックが生じやすく、信頼性に欠け、銅・モリブデン合金、アルミ・炭化珪素複合材などのベース板は熱伝導率が低く、価格が高いなど問題がある。

【0011】従って、本発明の目的は、上述の問題点を解決することにある。具体的には、本発明は直接アルミニウムあるいはアルミニウム製のベース板をセラミックス基材に接合した形状の優れた特性を有する多種多様な形状のセラミックス-金属複合部材及びこれを低コストで量産する方法を得ることを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者等は鋭意研究したところ、ベース板としての材料にアルミニウムあるいはアルミニウム合金を用い、これを鋳型内で溶湯の状態からセラミックスに接触させ冷却することで、その耐力が所定値以下であり、厚さが所定値以上のアルミニウムあるいはアルミニウム合金とセラミックスとを接合すれば、上記の課題を解決出来ることを見いだした。

【0013】即ち、ベース板にセラミックスを接合する際に接合温度の低い半田付け法を用いずに、ベース板として硬い金属を用いたり、ベース板とセラミックスの接合にろう付けをおこなうとセラミックスが割れたり、ベース板が大きく反ってしまう不具合が起きる。それに対し、本発明者等が鋭意研究したところ、特に耐力が小さいアルミニウムやアルミニウム合金をろう材を介さないでセラミックスと直接接合することによって、上記不具合を防ぐことができることを見いだした。このメカニズムの詳細は不明であるが、耐力が低いアルミニウムやアルミニウム合金が、セラミックスとの熱膨張係数の差から生じる接合時の残留応力を、自身の塑性変形等により緩和していると本発明者等は推察している。

【0014】本発明はかかる知見をもとになされたものである。

【0015】本発明の金属セラミックス回路基板は、アルミニウムまたはアルミニウム合金からなるベース板と、一面を上記ベース板に直接接合しているセラミックス基板を有し、上記アルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板の耐力が320 (MPa) 以下であり、かつ厚さが1mm以上であることを特徴とする。

【0016】本発明の金属セラミックス回路基板を用いたパワーモジュールは、アルミニウムまたはアルミニウム合金からなるベース板と、一面を上記ベース板に直接接合しているセラミックス基板と、上記セラミックス基板の他面に設けた半導体チップとを有し、上記アルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板の耐力が320 (MPa) 以下であり、かつ厚さが1mm以上であることを特徴とする。

【0017】本発明の金属セラミックス回路基板の製造

50

方法は、アルミニウムまたはアルミニウム合金を真空または不活性ガス中で溶解して溶融体を得る工程と、該溶融体を真空または不活性ガス中で鋳型内においてセラミックス基板の一面と直接接触させる工程と、直接接触されたアルミニウムまたはアルミニウム合金とセラミックス基板とを冷却して上記セラミックス基板の上記一面にアルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板を直接接合する工程を有することを特徴とする。

【0018】また、本発明の金属セラミックス回路基板の製造方法は、アルミニウムまたはアルミニウム合金を真空または不活性ガス中で溶解して溶融体を得る工程と、該溶融体を真空または不活性ガス中で鋳型内においてセラミックス基板の一面と直接接触させる工程と、直接接触されたアルミニウムまたはアルミニウム合金とセラミックス基板とを冷却して上記セラミックス基板の上記一面にアルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板を直接接合する工程と、電子回路用金属導電体を上記セラミックス基板の他面にろう材を用いて、または用い

ないで接合する工程を有することを特徴とする。

【0019】また、本発明の金属セラミックス回路基板の製造方法は、アルミニウムまたはアルミニウム合金を真空または不活性ガス中で溶解して溶融体を得る工程と、該溶融体を真空または不活性ガス中で鋳型内において一面に電子回路用金属導電体をろう材を用いて、または用い

ないで接合したセラミックス基板の他面に直接接触させる工程と、直接接触されたアルミニウムまたはアルミニウム合金とセラミックス基板とを冷却して上記セラミックス基板の上記一面にアルミニウムまたはアルミニウム合金のベース板を直接接合する工程と、上記セラミックス基板の他面に所望のパターン形状の金属層を形成し、この金属層上に半導体チップを固定する工程を有することを特徴とする。

【0021】上記金属導電体は銅、銅合金、アルミニウム、アルミニウム合金のうち少なくとも一種以上から選ばれることを特徴とする。ベース板としてはアルミニウムまたはアルミニウム合金を使用することができるが、アルミは熱伝導率が高く、耐ヒートサイクル性も良好であり、さらに融点が低く、製造しやすいため特に優れている。

【0022】各金属の選択理由は、特に高い導電性を必要とする、あるいはヒートサイクル耐性が1000回以下で

十分な場合には銅および銅合金が適している。

【0023】3000回以上のヒートサイクル耐量が必要な場合はアルミニウムおよびアルミニウム合金が適している。

【0024】また、これらの上に半田濡れ性や耐食性を向上させるためにAuメッキ、Niメッキ等を行うことができる。

【0025】上記セラミックス基板は、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化珪素から選ばれる一種であることを特徴とする。

【0026】セラミックスのなかでも特にアルミナは絶縁性が高く安価であり、銅の回路を直接接合で製作できるなど汎用性が高く、窒化アルミは熱伝導率が高いことで放熱性に優れ、大電流コントロール用のチップを搭載することができ、窒化珪素は強度が高いため耐ヒートサイクル性が強くエンジンルームなどの厳しい環境での対応性に優れている。

【0027】なお、上記ベース板はモジュールの機械的強度補強と放熱を目的としたものである。また、直接接合するとはろう材等の接合助剤を介在せしめることなく必要に応じた強度を有した接合状態にすることを意味する。

【0028】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の金属セラミックス基板及びその製造方法の実施例を詳細に説明する。

【0029】(実施例1)

【0030】図1は本発明の金属セラミックス回路基板を製造するための設備の原理図である。本発明においては、純度99.9%のアルミニウムをろつぼ9の上部にセットし、接合する窒化アルミニウムのセラミックス基板2をろつぼ9の下部にセットする。ろつぼ9にピストン10で蓋をして、ろつぼ9の内部に窒素ガスを充填する。次いで、ろつぼ9をヒーター11で750℃に加熱し、アルミニウムを溶化してから、ピストン10によりろつぼ9の中央の細管12を介してアルミニウム溶融体13を押し出し、押し出したアルミニウム溶融体13をセラミックス基板2上に流し込み、所定の高さまで充填し、これを徐冷してアルミニウム溶融体13をセラミックス基板2に接着固化し、アルミニウム製のベース板7の一面に複数の窒化アルミニウムのセラミックス基板2を直接接合したものを得た。ここで、得たアルミニウム製のベース板の厚さは5mm、アルミニウムの耐力は40MPaであった。なお、この耐力はJISのZ2201番で試験片を作成し、JISのZ2241に則って測定したものである。

【0031】次に、上記窒化アルミニウムのセラミックス基板2上に回路部を形成するため、スクリーン印刷機を用いてAl87.5wt%・Si12.5%の組成のろう材を所望のパターン形状に印刷し、80℃で乾燥後、その上に金属層3として所望のパターン形状のアルミニウム圧延板をの

(5)

特開2002-76551

7

8

せ、真空炉にて575℃で加熱し、次いで無電解ニッケルメッキを施し、この金属層3上にろう材である半田4を介して半導体チップ1を固定し、図2に示すモジュールを構成せしめた。

【0032】このモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル4000回でもセラミックス-ベース板界面に何ら変化は認められなかった。

【0033】(実施例2)

【0034】上記アルミニウム製のベース板7の厚さを5mmから1mmに変えた他は実施例1と同様の手段で図2に示す形の金属セラミックス回路基板を有するパワーモジュールを形成した。また、ヒートサイクル耐量を調べたところ、実施例1同様ヒートサイクル4000回でもセラミックス-ベース板界面に何ら変化は認められなかった。

【0035】(実施例3)

【0036】上記アルミニウム製のベース板7の厚みを5mmから10mmに変えた他は実施例1と同様の手段で図2に示す形の金属セラミックス回路基板を有するパワーモジュールを形成した。また、ヒートサイクル耐量を調べたところ、実施例1同様ヒートサイクル3000回でもセラミックス-ベース板界面に何ら変化は認められなかった。

【0037】(実施例4)

【0038】上記アルミニウム製のベース板7の厚みを5mmから30mmに変えた他は実施例1と同様の手段で図2に示す形の金属セラミックス回路基板を有するパワーモジュールを形成した。また、ヒートサイクル耐量を調べたところ、実施例1同様ヒートサイクル3000回でもセラミックス-ベース板界面に何ら変化は認められなかった。

【0039】(実施例5)

【0040】上記ベース板7の材質を純度99.99%のアルミニウムからAl95.5%・Cu4.5%のアルミニウム合金に代えた他は実施例1と同様の手段で図2に示す形の金属セラミックス回路基板を有するパワーモジュールを形成した。ここで、ベース板7の厚さは5mm、耐力は95MPaであった。また、ヒートサイクル耐量を調べたところ、実施例1同様ヒートサイクル3000回でもセラミックス-ベース板界面に何ら変化は認められなかった。

【0041】(実施例6)

【0042】上記ベース板7の材質を純度99.99%のアルミニウムからAl87.5%・Si12.5%のアルミニウム合金に代えた他は実施例1と同様の手段で図2に示す形の金属セラミックス回路基板を有するパワーモジュールを形成した。ここで、ベース板7の厚さは5mm、耐力は320MPaであった。また、ヒートサイクル耐量を調べたところ、実施例1同様ヒートサイクル3000回でもセラミックス-ベース板界面に何ら変化は認められなかった。

【0043】(実施例7)

【0044】上記セラミックス基板2として窒化アルミニウムに替えて窒化珪素を用いた他は実施例1と同様の手段で図2に示す形のベース一体型セラミックス基板を

有するパワーモジュールを形成した。また、ヒートサイクル耐量を調べたところ、実施例1同様ヒートサイクル4000回でもセラミックス-ベース板界面に何ら変化は認められなかった。

【0045】(実施例8)

【0046】上記ベース板7の形状を厚さ5mmの板状から、この板に加え放熱性向上の目的でフィンを取り付けた他は実施例1と同様の手段で図2に示す形の金属セラミックス回路基板を有するパワーモジュールを形成した。また、ヒートサイクル耐量を調べたところ、実施例1同様ヒートサイクル4000回でもセラミックス-ベース板界面に何ら変化は認められなかった。

【0047】(実施例9)

【0048】窒化アルミニウムのセラミックス基板2に回路部を形成するため、スクリーン印刷機を用いてAg90wt%・Ti5%・Cu5%の組成の活性金属ろう材を印刷し、80℃で乾燥後、その上に金属層3として銅圧延板をのせ、真空炉にて800℃で加熱し、セラミックス基板2に接合した。次に、この銅の部分にエッチングレジストをスクリーン印刷機で印刷し、UV乾燥後、塩化第二鉄溶液でエッチングを行い所望のパターン14を形成し、次いで、これを図3に示すようにるつぼ9の下部にセラミックス基板2の下面が上になるようにセットし、純度99.9%のアルミニウムをるつぼ9の上部にセットし、るつぼ9にピストン10で蓋をして、るつぼ9の内部に窒素ガスを充填する。次いで、るつぼ9をヒーター11で750℃に加熱し、アルミニウムを溶化してから、ピストン10によりるつぼ9の中央の細管12を介してアルミニウム溶融体13を押し出し、押し出したアルミニウム溶融体13をセラミックス基板2上に流し込み、所定の高さまで充填し、これを徐冷してアルミニウム溶融体13をセラミックス基板2に接着固化してベース板7を形成し、上記金属層3上に半田4を介して半導体チップ1を固定し、図2に示すモジュールを構成せしめた。ここで、得たアルミニウム製のベース板の厚さは5mm、アルミニウムの耐力は40MPaであった。

【0049】このベース一体型セラミックス基板のヒートサイクル耐量を調べたところ、実施例1同様ヒートサイクル4000回でもセラミックス-ベース板界面に何ら変化は認められなかった。

【0050】(実施例10)

【0051】実施例1と同様の手段でアルミニウム製のベース板7に複数の窒化アルミニウムのセラミックス基板2を直接接合した後、図4に示すようにるつぼ15を用い、純度99.9%のアルミニウムをるつぼ15の上部にセットし、上記ベース板7に直接接合した窒化アルミニウムのセラミックス基板2を上側、アルミニウム製のベース板7を下側にしるつぼ15の下部にセットする。さらに、窒化アルミニウムのセラミックス基板2上に所望の回路パターン形状をくり抜いた型18を置く。るつ

(6)

特開2002-76551

9

10

ば15にピストン10で蓋をして、るつぼ15の内部に窒素ガスを充填する。次いで、るつぼ15をヒーター11で750℃に加熱し、アルミニウムを溶化してから、ピストン10によりるつぼ15の中央の細管16から各パターンの型18上に天々細管17a〜17cを介してアルミニウム溶融体13を押し出す。このとき、ベース板7を熱から守るために、ベース板7の下側にはヒートシシク19を配置して冷却せしめる。押し出したアルミニウム溶融体13は窒化アルミニウムのセラミックス基板2上の型18に流し込み、所定の高さまで充填し、これを徐冷することでアルミニウム溶融体13がセラミックス基板2に接合しつつ、固化する。以上の方法により、セラミックス基板2上に金属層3を形成し、この金属層3上に半田4を介して半導体チップ1を固定し、図2に示すパワーモジュールを構成せしめた。ここで、得たアルミニウム製のベース板の厚さは5mm、アルミニウムの耐力は40MPaであった。

【0052】このパワーモジュールのヒートサイクル耐量を調べたところ、実施例1同様ヒートサイクル4000回でもセラミックス-ベース板界面に何ら変化は認められなかった。

【0053】（比較例1）

【0054】比較の目的で以下のサンプルを作成した。まず窒化アルミニウムのセラミックス基板の片側に回路部を形成するために、スクリーン印刷機を用いてA187.5wt%・Si12.5%の組成のろう材を所望のパターン形状に印刷し、80℃で乾燥後、その上に所望のパターン形状のアルミニウム圧延板をのせ、もう一方の側に同じろう材をべた面で印刷し、同じくべた面のアルミニウム圧延板をのせ、真空炉にて575℃で加熱した。次にこの基板に無電解ニッケルメッキを施し、さらにここで得た基板3枚を無電解ニッケルメッキを施したアルミニウム製ベース板上に半田付けして固定した。更にこの上に半導体チップを設けて図5に示す形のモジュールを構成せしめた。実施例同様ヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル1000回でセラミックス-ベース板界面の半田層に一部クラックが認められた。

【0055】（比較例2）

【0056】比較の目的で以下のサンプルを作成した。アルミニウム製ベース板の代わりに厚さ5mmの銅・モリブデン合金をベース板に用い、後は比較例1と同様な方法で図5に示す形のモジュールを構成せしめた。実施例同様ヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル3000回でセラミックス-ベース板界面の半田層に一部クラックが認められた。

【0057】（比較例3）

【0058】比較の目的で以下のサンプルを作成した。窒化アルミニウムのセラミックス基板の両面に実施例1で示したようなアルミニウムの溶融を直接接触させ、冷却固化させる方式でべた面のアルミニウム層を形成させ

た。次に、この片面に回路部を形成するためにエッチングレジストをスクリーン印刷機で印刷し、UV乾燥後、塩化第二鉄溶液でエッチングを行い所望のパターンの回路を形成した。次にこの基板に無電解ニッケルメッキを施し、さらにここで得た基板3枚を無電解ニッケルメッキを施した厚さ5mm、純度99.99%のアルミニウム製ベース板上に半田付けして固定した。更にこの上に半導体チップを設けて図5に示す形のモジュールを構成せしめた。実施例同様ヒートサイクル耐量を調べたところ、ヒートサイクル3000回でセラミックス-ベース板界面の半田層に一部クラックが認められた。

【0059】（比較例4）

【0060】比較の目的で以下のサンプルを作成した。厚さ5mm、純度99.99%のアルミニウム製ベース板上に3枚の窒化アルミニウムのセラミックス基板を接合するために、ベース板上にスクリーン印刷機を用いてA187.5wt%・Si12.5%の組成のろう材を印刷し、80℃で乾燥後、その上に窒化アルミニウムのセラミックス基板をのせ、真空炉にて575℃で加熱した。さらに、この後に同様のろう接法でベース板と反対側に回路を形成させることを試みようとしたが、ベース板と接合を行った時点で、セラミック基板がそってすべて割れてしまった。

【0061】（比較例5）

【0062】比較の目的で以下のサンプルを作成した。実施例1におけるアルミニウム製のベース板7の厚みを5mmから0.5mmに変えた他は実施例1と同様の手段で図2に示す形の金属セラミックス回路基板を有するパワーモジュールを形成することを試みた。しかし、ベース板の強度が不足しており、ベース板が容易に変形してしまった。

【0063】（比較例6）

【0064】比較の目的で以下のサンプルを作成した。実施例1におけるベース板7の材質を純度99.99%のアルミニウムから、A188%・Cu2%・Mg3%・Zn7%のアルミニウム合金に変えた他は実施例1と同様の手段で図2に示す形の金属セラミックス回路基板を有するモジュールを形成することを試みた。ここで、ベース板7の厚さは5mm、耐力は540MPaであった。しかし、ベース板と接合を行った時点で、セラミック基板がそってすべて割れてしまった。

【0065】以上の結果を表1に示す。

【0066】

【表1】

10

20

30

40

50

番号	ベース合金	ベース板 厚み(MPa)	厚み(mm)	純度%	同調	製造法	その他	特注	モジュール強度
実験例1	89.9PAI	40	5	AIN	Al	圧延法	ベース鋼板合金 →	ヒートサイクル耐性	4000回同調なし
実験例2	89.9PAI	40	40	AIN	Al	圧延法	ろう接法	なし	同調なし
実験例3	89.9PAI	40	10	AIN	Al	圧延法	ろう接法	なし	同調なし
実験例4	89.9PAI	40	30	AIN	Al	圧延法	ろう接法	なし	同調なし
実験例5	AIN-Cu	95	5	AIN	Al	圧延法	→	なし	同調なし
実験例6	AIN-Cu	300	5	AIN	Al	圧延法	ろう接法	なし	同調なし
実験例7	89.9PAI	40	5	Si-N	Al	圧延法	→	なし	同調なし
実験例8	89.9PAI	40	5	AIN	Al	圧延法	→	フライン付き	同調なし
実験例9	89.9PAI	40	5	AIN	Cu	圧延法	ろう接法	なし	同調なし
実験例10	89.9PAI	40	5	AIN	Al	圧延法	ろう接法	なし	同調なし
比較例11	89.9PAI	40	5	AIN	Al	平田付け	→	なし	同調なし
比較例12	Cu-Mo	?	3	AIN	Al	平田付け	→	1000回でクラック	同調なし
比較例13	89.9PAI	40	5	AIN	Al	平田付け	→	2000回でクラック	同調なし
比較例14	89.9PAI	40	5	AIN	Al	ろう接法	→	3000回でクラック	同調なし
比較例15	AIN-Cu-Mo	40	0.5	AIN	Al	圧延法	→	あり	同調なし
比較例16	89.9PAI	540	5	AIN	Al	圧延法	→	あり	同調なし

[0 0 6 7]

【発明の効果】本発明によれば、以下のような利点を得られる。

【0068】(1)セラミックス基板とベース板間が、セラミックス—ベース板の単純構造になり、冷熱を繰り返す。

返したときの信頼性が飛躍的に向上する。これは特にベース板の素材としてアルミニウムまたはアルミニウム合金を選択し、さらにこれを直接接合したことで、アルミニウム自身の柔軟さが加熱時のセラミックスとの膨張・収縮のイレギュラーをより消し、接合界面におけるクラックの発生を防止するためである。

【0069】(2) セラミックス基板とベース板間が、セラミックスベース板の単純構造になり、熱伝導率の低い半田層を無くすることができるので、高い熱伝導率が得られる。

【0070】(3)セラミックス基板とベース板間が、セラミックベース板の単純構造になり、半田による接合が必要なくなるため、半田付け性改善のためのメッキ等の表面処理や半田付け等の行程がなくなり、コストが低下する。

【0071】(4) ベース板として従来用いられている銅は安価であるがセラミックスに対し熱膨張係数が大きく、冷熱を繰り返したときにセラミックスとの接合面にクラックが生じやすく、信頼性に欠ける。銅・モリブデン合金、アルミ・炭化珪素複合材などは熱伝導率が低く、価格が高い。これらに対し、アルミニウムは安価であり、銅より熱膨張係数が高いが耐力が極めて小さいために冷熱を繰り返してもセラミックスとの界面にクラックが生じにくく、信頼性の高いものを製造できる。

【0072】(5) ベース板としてアルミニウムやアルミニウム合金、銅、銅・モリブデン合金、アルミ・炭化珪素複合材等をろう材を用いてセラミックスにろう接する回路基板の製造方法が考えられるが、回路側の金属の厚みに対しベース板の厚みが非常に厚いこと、ろう材により柔軟性の低い接合層がベース板とセラミックスの間に生成してしまうことなどから、接合後の金属およびセラミックスの熱収縮の差異により、基板が大きくそり、セラミックスにクラックが入りやすい。これに対し、本発明のベース板としてアルミニウムまたはアルミニウム合金を直接接合する方法では、接合部分がアルミニウムで非常に柔軟性が高く、ベース板の耐力が320 (MPa) 以下であり、かつ厚さが1mm以上としたので従来の欠点を一掃できる。

【0073】(6)従来の基板を用いては得られにくかった信頼性に富み、製造歩留まりが高く、コストメリットも高いから、電気自動車や電車のように大電力パワーモジュール基板として特に好ましい。

【0074】(7) 熱処理を真空または不活性ガス中で行なったので材料の酸化が防がれ接合が良好となる。なお、上記炉内温度は550℃～850℃としても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明におけるベース板とセラミックス板の接合装置の原理図である。

【図2】本発明のパワーモジュールの縦断面図である。

【図3】本発明における、ベース板にセラミックス板の

50

接合したものに対し、回路部分を形成させるための装置
の他の実施例説明図である。

【図4】本発明におけるベース板とセラミックス板の接
合装置の更に他の実施例説明図である。

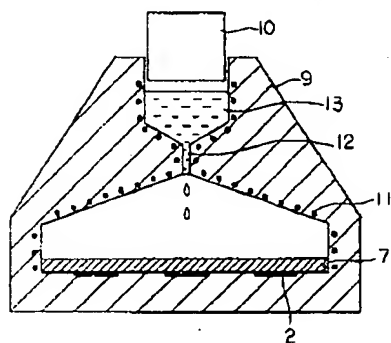
【図5】従来のパワーモジュールの縦断面図である。

【符号の説明】

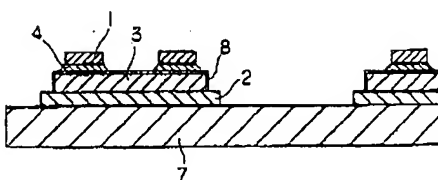
- 1 半導体チップ
- 2 セラミックス基板
- 3 金属層
- 4 半田
- 5 金属層
- 6 半田
- 7 ベース板
- 8 メッキ層

- 9 ろつぽ
- 10 ピストン
- 11 ヒーター
- 12 細管
- 13 アルミニウム溶融体
- 14 パターン
- 15 ろつぽ
- 16 細管
- 17a 細管
- 17b 細管
- 17c 細管
- 18 型
- 19 ヒートシンク

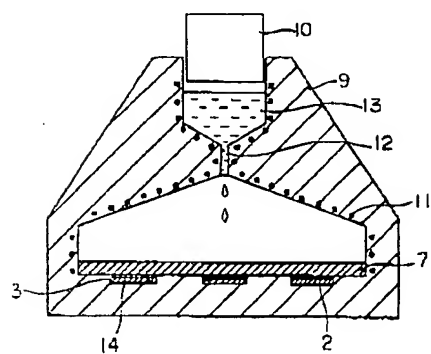
【図1】



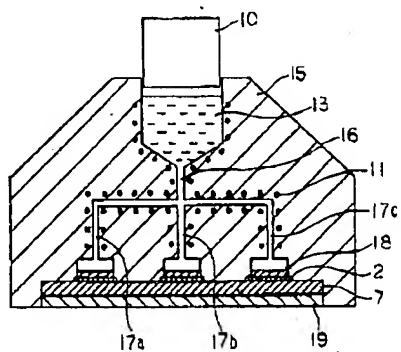
【図2】



【図3】



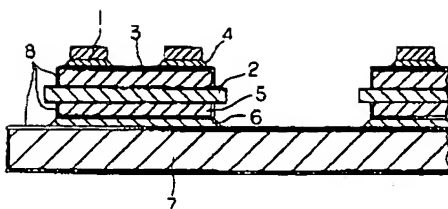
【図4】



(9)

特開2002-76551

【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

特許庁 (参考)

H 0 1 L 25/07
25/16
H 0 5 K 3/00
7/20

H 0 5 K 7/20
H 0 1 L 23/14
25/04

C
M
C

Fターム(参考) 4G026 BA03 BA16 BA17 BB22 BB27
BF16 BF57 BC02 BC25 BC26
BH07
5E315 AA02 BB03 CC07 DD25 GG01
GG16
5E322 AA11 AB06 EA10 EA11 FA04